

## Vorrichtung und Verfahren zur Befeuchtung von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen

**Publication number:** DE10036916

**Publication date:** 2002-02-14

**Inventor:** SCHIEGL ANDREAS (DE)

**Applicant:** PROTON MOTOR FUEL CELL GMBH (DE)

**Classification:**


- **international:** *H01M8/04; H01M8/24; H01M8/04; H01M8/24*; (IPC1-7):  
H01M8/04; H01M8/02; H01M8/24

- **europaan:** H01M8/24D; H01M8/04C2E1

**Application number:** DE20001036916 20000728

**Priority number(s):** DE20001036916 20000728

**Also published as:**

	WO0211221 (A3)
	WO0211221 (A2)
	EP1412997 (A3)
	EP1412997 (A2)
	EP1412997 (A0)

**Report a data error here**

### Abstract of DE10036916

The invention relates to the wetting of polymer electrolyte membrane fuel cell stacks. At least one wetting water feed (12) is supplied with a plurality of first openings (15) in the fuel cell stack, these openings connecting the wetting water feed (12) to a reactant feed (10, 11). A plurality of second openings (17) are provided in the reactant feed (10, 11) connected to the wetting water feed (12), these second openings connecting the reactant feed to reactant distribution chambers (4, 6) of the individual fuel cells (2). The wetting water enters the reactant feed (10, 11) through the first openings (15) and is fed into the corresponding reactant distribution chambers by the reactant.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 36 916 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**H 01 M 8/04**  
H 01 M 8/02  
H 01 M 8/24

②1 Aktenzeichen: 100 36 916.2  
②2 Anmeldetag: 28. 7. 2000  
④3 Offenlegungstag: 14. 2. 2002

DE 100 36 916 A 1

⑦1 Anmelder:  
Proton Motor Fuel Cell GmbH, 82319 Starnberg, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

⑦2 Erfinder:  
Schiegl, Andreas, 82041 Oberhaching, DE

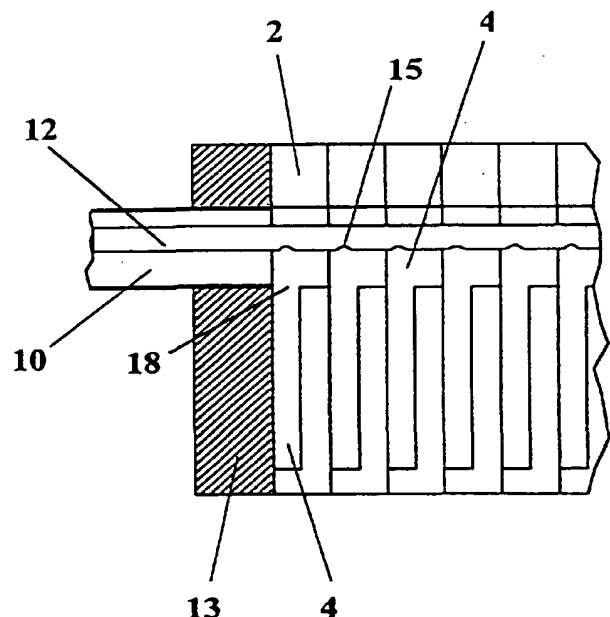
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 198 21 766 C1  
DE 199 45 323 A1  
DE 198 59 504 A1  
DE 198 53 911 A1  
DE 196 48 995 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Befeuchtung von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen

⑤7 Die vorliegende Erfindung betrifft die Befeuchtung von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellenstapeln. In dem Brennstoffzellenstapel ist mindestens eine Befeuchtungswasserzuführung (12) mit einer Mehrzahl erster Öffnungen (15) vorgesehen, über die die Befeuchtungswasserzuführung (12) mit einer Reaktionsmittelzuführung (10, 11) in Verbindung steht, und in der mit der Befeuchtungswasserzuführung (12) in Verbindung stehenden Reaktionsmittelzuführung (10, 11) ist eine Mehrzahl zweiter Öffnungen (17) vorgesehen, über die die Reaktionsmittelzuführung mit Reaktionsmittelverteilungsräumen (4, 6) der Einzelbrennstoffzellen (2) in Verbindung steht. Das Befeuchtungswasser tritt über die ersten Öffnungen (15) in die Reaktionsmittelzuführung (10, 11) ein und wird von dem Reaktionsmittel in die entsprechenden Reaktionsmittelverteilungsräume eingespeist.



DE 100 36 916 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Brennstoffzellenstapel mit einer Mehrzahl von Polymerelektrolytmembran-Einzelbrennstoffzellen und mit Zuführungen für Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser, wobei jede Einzelbrennstoffzelle eine Anode, eine Kathode, eine dazwischen angeordnete Polymerelektrolytmembran und einen anodenseitigen und/oder kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsraum aufweist, sowie ein Verfahren zur Befeuchtung derartiger Brennstoffzellenstapel. Die Brennstoffzellen verwenden als Brenngas bevorzugt Wasserstoff oder ein Methanol-Wassergemisch in gasförmiger Form und als Oxidationsmittel Luft oder Sauerstoff.

[0002] Polymerelektrolytmembranen neigen dazu, im Laufe des Betriebs der Brennstoffzellen auszutrocknen, was zunächst zu einer Erhöhung ihres inneren elektrischen Widerstands und einem Absinken der Leistung der Brennstoffzellen und schließlich, wenn keine Befeuchtung stattfindet und der Wasserhaushalt der Zelle nachhaltig gestört ist, zu einer irreversiblen Beschädigung der Membran führen kann. Andererseits ist auch darauf zu achten, nicht mehr als die erforderliche Befeuchtungswassermenge zuzuführen, um ein Fluten der Elektroden zu vermeiden. Die Aufrechterhaltung und Regelung eines den jeweiligen Betriebsbedingungen der Brennstoffzellen angepaßten Wasserhaushalts zählt deshalb zu den entscheidenden Betriebskriterien bei Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen.

[0003] Es sind zahlreiche Versuche unternommen worden, dieses Problem zu lösen. Beispielsweise ist bekannt, Wasser mittels eines externen Verdampfers zu verdampfen und die Reaktionsgase mit dem gasförmigen Wasser zu befeuchten. Eine andere Alternative besteht darin, die Reaktionsgase in der Brennstoffzelle über eine poröse, mit den Reaktionsgasräumen in Verbindung stehende Schicht zu befeuchten, wobei ggf. die Abwärme der Brennstoffzellen zum Verdampfen des Befeuchtungswassers genutzt wird. Bekannt sind auch Brennstoffzellenstapel mit separater Befeuchtungssektion, in der unter Nutzung der Abwärme des Brennstoffzellenstapels die Befeuchtung der Reaktionsgase über eine Trennmembran erfolgt. Ein weiterer Lösungsversuch ist in dem deutschen Patent Nr. 43 18 818 beschrieben. Hier erfolgt die Befeuchtung der Reaktionsgase durch Eindüsung von feinen Wassertropfen mittels luftgestützter Einspritzdüsen oder Ultraschallzerstäuber in die Gasführungsleitungen vor dem Eintritt in die Brennstoffzellen. Das amerikanische Patent Nr. 5 234 776 hingegen beschreibt die Befeuchtung der Reaktionsgase durch separates Einbringen von Brenngas in die Anodenräume und von Wasser in Räume oberhalb der Anodenräume, aus denen es durch Öffnungen in die Anodenräume tropft und in Rinnen an den Anodenoberflächen entlangläuft.

[0004] Allen bekannten Verfahren haften die Nachteile an, daß sie einen hohen konstruktiven Mehraufwand erfordern, einen hohen Eigenenergiebedarf aufweisen, eine spezielle Befeuchtungswasser-Vorkonditionierung erfordern und nur sehr unzureichend an dynamische Lastanforderungen der Brennstoffzellen angepaßt werden können.

[0005] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, mit dem das Befeuchtungswassermanagement von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen leicht und effizient in Abhängigkeit von den Betriebsparametern bewerkstelligt werden kann.

[0006] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Befeuchtung von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen bereitzustellen, das apparativ einfach und anspruchslos ist.

[0007] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es außerdem, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Befeuchtung von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen mit geringem Eigenenergiebedarf bereitzustellen.

[0008] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es darüberhinaus, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Befeuchtung von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen bereitzustellen, bei dem Bereiche mit Wasser-Unterversorgung und Bereiche mit Wasser-Übersorgung innerhalb des Brennstoffzellenstapels vermieden werden.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch einen Brennstoffzellenstapel mit einer Mehrzahl von Polymerelektrolytmembran-Einzelbrennstoffzellen und mit Zuführungen für Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser, wobei jede Einzelbrennstoffzelle eine Anode, eine Kathode, eine dazwischen angeordnete Polymerelektrolytmembran und einen anodenseitigen und/oder kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsraum aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß

- mindestens eine Befeuchtungswasserzuführung durch den Brennstoffzellenstapel hindurchführend angeordnet ist und entlang ihrer Länge eine Mehrzahl erster Öffnungen aufweist,
- mindestens eine Reaktionsmittelzuführung durch den Brennstoffzellenstapel hindurchführend angeordnet ist und entlang ihrer Länge eine Mehrzahl zweiter Öffnungen oder Unterbrechungen aufweist, wobei
- die mindestens eine Befeuchtungswasserzuführung über die Mehrzahl erster Öffnungen mit der mindestens einen Reaktionsmittelzuführung in Verbindung steht, und wobei
- die mindestens eine Reaktionsmittelzuführung über die Mehrzahl zweiter Öffnungen oder Unterbrechungen mit den anodenseitigen oder kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsräumen der Einzelbrennstoffzellen in Verbindung steht.

[0010] Die Aufgabe wird außerdem gelöst durch das Brennstoffzellen-Befeuchtungssystem, das den vorgenannten Brennstoffzellenstapel, einen Befeuchtungswasservorratsbehälter, eine Befeuchtungswasserpumpe und ggf. eine Einrichtung zur pulsweisen Zuführung von Befeuchtungswasser und eine Einrichtung zur Befeuchtungswasserrückführung aufweist.

[0011] Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein Verfahren zur Befeuchtung mindestens eines Reaktionsmittels bei einem Brennstoffzellenstapel mit einer Mehrzahl von Polymerelektrolytmembran-Einzelbrennstoffzellen und mit Zuführungen für Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser, wobei jede Einzelbrennstoffzelle eine Anode, eine Kathode, eine dazwischen angeordnete Polymerelektrolytmembran und einen anodenseitigen und/oder kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsraum aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß

- mindestens eine Befeuchtungswasserzuführung mit einer Mehrzahl erster Öffnungen vorgesehen wird, über die die Befeuchtungswasserzuführung mit einer Reaktionsmittelzuführung in Verbindung steht,
- in der mit der Befeuchtungswasserzuführung in Verbindung stehenden Reaktionsmittelzuführung eine Mehrzahl zweiter Öffnungen oder Unterbrechungen vorgesehen wird, über die die Reaktionsmittelzuführung mit den anodenseitigen oder kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsräumen der Einzelbrennstoffzellen in Verbindung steht, und
- Befeuchtungswasser in flüssiger Form
- in die Befeuchtungswasserzuführung eingespeist

wird,

- über die ersten Öffnungen in die Reaktionsmittelzuführung eintritt,
- von dem in der Reaktionsmittelzuführung strömenden Reaktionsmittel aufgenommen wird, und
- zusammen mit dem Reaktionsmittel in die anodenseitigen oder kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsräume der Einzelbrennstoffzellen eingespeist wird.

[0012] Vorrichtung und Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung sind bei Brennstoffzellenstapeln mit zwei oder mehr Brennstoffzellen sowie auch bei Einzelbrennstoffzellen anwendbar.

[0013] Bei der erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Befeuchtung wird Befeuchtungswasser in flüssiger Form über eine Befeuchtungswasserzuführung, die bevorzugt alle Einzelbrennstoffzellen des Stapels mit Befeuchtungswasser versorgt, eingespeist. Alternativ können, insbesondere bei großflächigen Brennstoffzellen, auch mehrere Befeuchtungswasserzuführungen vorgesehen werden, welche gemeinsam die Einzelbrennstoffzellen eines Stapels mit Befeuchtungswasser versorgen oder für verschiedene Einzelbrennstoffzellen eines Stapels zuständig sein können. Gewünschtenfalls können auch bestimmte Einzelbrennstoffzellen durch mehrere Befeuchtungswasserzuführungen, andere hingegen nur durch eine Befeuchtungswasserzuführung befeuchtet werden. Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Befeuchtungswasserzuführung, die alle Einzelbrennstoffzellen eines Stapels zentral mit Befeuchtungswasser versorgt, beschrieben.

[0014] Die Befeuchtungswasserzuführung führt flüssiges Wasser direkt in den Brennstoffzellenstapel. Sie steht mit der Brenngaszuführung oder der Oxidationsmittelzuführung so in Verbindung, daß der in den Stapel eintretende Gasstrom das aus den Öffnungen der Befeuchtungswasserzuführung austretende Befeuchtungswasser auf seinem Weg in die Einzelbrennstoffzellen mitreißt und in dem anodenseitigen bzw. kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsraum fein und gleichmäßig verteilt.

[0015] Die Mitnahme des Befeuchtungswassers durch den Reaktionsmittelstrom und Eindosierung in die Einzelbrennstoffzellen in der erforderlichen Menge wird durch die erfindungsgemäße Ausbildung von Befeuchtungswasserzuführung und Reaktionsmittelzuführung (Brenngas und/oder Oxidationsmittel) gewährleistet. Die Befeuchtungswasserzuführung weist, über ihre Länge verteilt, eine Mehrzahl von ersten Öffnungen auf, an denen ein Reaktionsmittel entlangströmt. Die Befeuchtungswasserzuführung wird zu diesem Zweck entweder innerhalb der Reaktionsmittelzuführung oder direkt an die Reaktionsmittelzuführung angrenzend angeordnet. Auch eine Verbindung von Befeuchtungswasserzuführung und Reaktionsmittelzuführung über Verbindungsstücke, die einen Wasserübertritt ermöglichen, ist prinzipiell möglich, jedoch wegen des konstruktiven Aufwands weniger bevorzugt.

[0016] In der Befeuchtungswasserzuführung befindet sich Wasser unter einem Druck, der geringfügig, d. h. bevorzugt etwa 10 bis 50 kPa, über dem anoden- bzw. kathodenseitigen Gasdruck liegt, damit das Wasser aus den Öffnungen der Zuführungsleitung austreten kann. Die Zellen werden bevorzugt bei einem Druck von Atmosphärendruck bis etwa 400 kPa, besonders bevorzugt bis etwa 200 kPa, betrieben. Die ersten Öffnungen der Befeuchtungswasserzuführung werden bevorzugt so gewählt, daß das Wasser in Tropfenform austritt, wobei die Größe der Öffnungen dabei weit bedeutsamer als die Form der Öffnungen ist. Insbesondere wegen der Einfachheit der Herstellung werden in der Regel

runde Öffnungen gewählt. Der Durchmesser dieser Wasseraustrittsöffnungen liegt bevorzugt bei 0,1 bis 1,0 mm, besonders bevorzugt bei 0,3 bis 0,5 mm.

[0017] Die Einspeisung des Befeuchtungswassers erfolgt kontinuierlich oder, bevorzugt, pulswise, d. h. nur während des Pulsens ist der Druck in der Befeuchtungswasserzuführung hoch genug, daß Wasser aus den ersten Öffnungen austreten kann. Bei Druckspitzen kann dabei der oben angegebene Druck von 50 kPa ohne weiteres überschritten werden. Die Pulsrate und Pulsdauer richten sich nach dem Wasserbedarf, d. h. nach dem Betriebszustand des Systems, seinen Abmessungen und der Auslegung der Befeuchtungswasserzuführung. Bevorzugt ist eine Pulsrate von 1 Puls pro 1 bis 120 Sekunden und eine Pulsdauer von 0,5 bis 10 Sekunden. Insbesondere die pulswise Einspeisung des Befeuchtungswassers ermöglicht es, die zudosierte Befeuchtungswassermenge jeweils exakt dem Befeuchtungswasserbedarf anzupassen. Besonders bevorzugt wird eine Pulsrate von 1 Puls pro 10 bis 40 Sekunden und eine Pulsdauer von 0,8 bis 2 Sekunden.

[0018] Die Einspeisung des Befeuchtungswassers erfolgt durch den Druck oder, bevorzugt, durch temporäre Druckerhöhung (Pulsen) in der Befeuchtungswasserzuführung. Hilfsmittel, die den Austritt von Befeuchtungswasser fördern oder herbeiführen, z. B. Piezoaktoren oder andere Mittel zur Erzeugung von Schallwellen oder anderen Wellen, oder eine spezielle düsenartige Ausbildung der Öffnungen der Befeuchtungswasserzuführung, sind nicht erforderlich. Obligatorisch ist somit lediglich irgendeine Art von Befeuchtungswasserfördevorrichtung, wie eine Pumpe. Bei pulsweiser Zuführung ist bevorzugt auch noch ein Regelventil vorhanden.

[0019] Wie weiter oben erwähnt, ist die Befeuchtungswasserzuführung bevorzugt entweder innerhalb einer Reaktionsmittelzuführung oder unmittelbar an einer Reaktionsmittelzuführung angeordnet. Form und Querschnittsfläche von Befeuchtungswasserzuführung und Reaktionsmittelzuführung sind grundsätzlich beliebig, solange gewährleistet wird, daß ausreichende Mengen an Wasser und Reaktionsmittel zugeführt werden können. Bevorzugt sind runde und ovale Formen.

[0020] Die Befeuchtungswasserzuführung ist in oder an der Reaktionsmittelzuführung so angeordnet, daß sich zwischen den ersten Öffnungen und den zweiten Öffnungen Abstände ergeben, die gewährleisten, daß bei Betrieb der Brennstoffzellen das aus den ersten Öffnungen austretende Befeuchtungswasser zum Teil von dem in der Reaktionsmittelzuführung strömenden Reaktionsmittel in Strömungsrichtung mitgenommen wird. Bei dieser bevorzugten Anordnung wird also das aus den ersten Öffnungen austretende Wasser von dem strömenden Reaktionsmittel aufgenommen und zum Teil zusammen mit dem Reaktionsmittel unmittelbar in die jeweiligen den ersten Öffnungen zugeordneten anodenseitigen oder kathodenseitigen Reaktionsmittelverteilungsräume eingespeist, und zum Teil von dem Reaktionsmittel in der Reaktionsmittelzuführung in Strömungsrichtung mitgenommen und in weiter stromab gelegene Reaktionsmittelverteilungsräume eingespeist. Diese Art der Befeuchtungswasserverteilung ist typischerweise dann gewährleistet, wenn ein wesentlicher Teil, z. B. mindestens 30%, bevorzugt mindestens 50%, des Reaktionsmittels in dem Raum zwischen den ersten und den zweiten Öffnungen strömt, wobei auch die Form der Reaktionsmittelzuführung eine Rolle spielt. Besonders bevorzugt ist die Befeuchtungswasserzuführung so in oder an einer oder den Reaktionsmittelzuführung(en) angeordnet, daß der größte Teil des Reaktionsmittelvolumens für die Befeuchtungswassereinbringung in die Einzelbrennstoffzellen genutzt werden kann.

[0021] Wenn sich die Befeuchtungswasserzuführung innerhalb einer (oder den) Reaktionsmittelzuführung(en) befindet, sollte sie daher bevorzugt nicht näher an den Eintrittsöffnungen der Reaktionsmittelverteilungsräume angeordnet sein, als dies bei einer etwa coaxialen Anordnung der Fall ist, zumindest nicht über einen längeren Bereich. Besonders vorteilhaft ist eine Anordnung in der oberen Hälfte der Reaktionsmittelzuführung(en), und ganz besonders bevorzugt eine Anordnung am oder nahe am oberen Rand der Reaktionsmittelzuführung(en). Die Befeuchtungswasserzuführung wird auf diese Weise zwar ganz oder zumindest zum größten Teil von dem Reaktionsmittel umströmt, der größte Teil des Reaktionsmittels strömt jedoch unterhalb der Befeuchtungswasserzuführung. Verlaufen Befeuchtungswasserzuführung und Reaktionsmittelzuführung parallel nebeneinander und sind lediglich durch die Wasseraustrittsöffnungen der Befeuchtungswasserzuführung verbunden, so ist die Befeuchtungswasserzuführung ebenfalls bevorzugt oberhalb der Reaktionsmittelzuführung angeordnet. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß für die Mitnahme, Zerteilung, u. U. Zerstäubung, und Verteilung der aus den Öffnungen der Befeuchtungswasserzuführung austretenden Wassertropfen der gesamte oder zumindest der größte Teil des Reaktionsmittelstroms zur Verfügung steht und außerdem zur Zuführung in jeden Bereich der Reaktionsmittelverteilungsräume jeder Einzelbrennstoffzelle zusätzlich die Schwerkraft genutzt werden kann. Je nach Temperatur der Zellen geht auch ein gewisser Teil des Befeuchtungswassers nach dem Austritt aus der Befeuchtungswasserzuführung in den dampfförmigen Zustand über.

[0022] Zur Erzielung der präzisen Dosierung der Befeuchtungswassermenge und insbesondere der raschen Anpassung der Befeuchtungswasserzudosierung entsprechend dem jeweiligen Anforderungsprofil ist es bevorzugt, die ersten Öffnungen in der Befeuchtungswasserzuführung, d. h. die Austrittsöffnungen des Befeuchtungswassers für jede Einzelbrennstoffzelle in dem Bereich des Eintritts in den Reaktionsmittelverteilungsraum des das Befeuchtungswasser transportierenden Reaktionsmittels vorzusehen. Pro Einzelbrennstoffzelle können eine oder mehrere Wasseraustrittsöffnungen vorgesehen werden. In der Regel ist eine Wasseraustrittsöffnung pro Einzelbrennstoffzelle völlig ausreichend. Mehrere Wasseraustrittsöffnungen pro Einzelbrennstoffzelle haben zur Folge, daß, bei gleicher Wassermenge, die Öffnungen kleiner sein können, die austretenden Wassertropfen daher ebenfalls kleiner sind und unter Umständen feiner verteilt, und sogar zerstäubt, werden können.

[0023] Die Befeuchtungswasserzuführung kann gerade oder gebogen sein und parallel oder schräg in der Reaktionsmittelzuführung angeordnet sein. Auf diese Weise ergeben sich unterschiedliche Abstände zwischen ersten und zweiten Öffnungen und, als Folge, unterschiedliche Mengen an aus den ersten Öffnungen unmittelbar in die zugeordneten Reaktionsmittelverteilungsräume eingespeistem Befeuchtungswasser. Grundsätzlich gilt: Je kleiner die aus den ersten Öffnungen austretenden Wassertropfen, je größer der Abstand zwischen ersten und zweiten Öffnungen und je schneller die Reaktionsmittelströmungsgeschwindigkeit, desto größer der Anteil der Befeuchtungswassertropfen, der diffus in stromab von den jeweiligen Austrittsöffnungen gelegene Zellen eingespeist wird.

[0024] Die Zuführung für das Reaktionsmittel, mit dessen Hilfe das Befeuchtungswasser in die Einzelbrennstoffzellen gelangt, kann unterschiedlich ausgebildet sein. Gemäß einer Ausführungsform kann die Reaktionsmittelzuführung aus einzelnen Teilstücken aufgebaut sein, die jeweils in den Reaktionsmittelzuführungsraum für das betreffende Reaktionsmittel jeder Einzelbrennstoffzelle münden, und durch den übri-

gen Bereich jeder Einzelbrennstoffzelle hindurchgeführt werden, wobei sie gegen den Übertritt von Reaktionsgas in an sich bekannter Weise abgedichtet sein müssen. Alternativ kann die Reaktionsmittelzuführung, in die das Befeuchtungswasser eingebracht wird, als eine durch den gesamten Brennstoffzellenstapel hindurchgehende Leitung ausgebildet sein, die im Bereich der Reaktionsmittelverteilungsräume der Einzelbrennstoffzellen zweite Öffnungen, d. h. Öffnungen für den Austritt von Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser besitzt. Diese Öffnungen sind bevorzugt möglichst groß, um eine ausreichende Dosierung von Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser zu gewährleisten. Insbesondere dann, wenn für den Übertritt von Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser in einen Reaktionsmittelverteilungsraum nur Öffnungen definierter Größe zur Verfügung stehen, ist es bevorzugt, daß sich die ersten Öffnungen in der Befeuchtungswasserzuführung im wesentlichen im Bereich der zweiten Öffnungen der Reaktionsmittelzuführung befinden. Ansonsten ist eine gewisse Verschiebung der Öffnungen in der Befeuchtungswasserzuführung gegenüber den Öffnungen in der Reaktionsmittelzuführung unschädlich, insbesondere dann, wenn die Öffnungen in der Befeuchtungswasserzuführung gegenüber den Öffnungen in der Reaktionsmittelzuführung stromauf verschoben sind. Der Grund dafür ist, daß ein mit hoher Geschwindigkeit strömendes Reaktionsmittel einen aus einer Öffnung der Befeuchtungswasserzuführung austretenden Wassertropfen in Strömungsrichtung versetzen kann und ihn nicht vollständig in den zugehörigen Reaktionsmittelverteilungsraum einbringt, sondern einen Teil des Wassertropfens mitreißt und sich daher im Laufe des Durchgangs durch den Brennstoffzellenstapel mit feinsten Befeuchtungswassertröpfchen anreichert.

[0025] Bei der erfindungsgemäßen Befeuchtungswasser-einbringung wird also ein Teil eines aus der Befeuchtungswasserzuführung austretenden Wassertropfens zielgenau in den zu befeuchtenden Reaktionsmittelverteilungsraum eingebracht, während ein Teil des Wassertropfens mit dem Reaktionsmittel stromab transportiert wird, das Reaktionsmittel zunehmend mit Wasser belädt und so für eine stärkere Befeuchtung durch diffus im Reaktionsmittel verteiltes Wasser der weiter stromab gelegenen Einzelbrennstoffzellen sorgt. Diese stärkere Befeuchtung weiter stromab gelegener Einzelbrennstoffzellen stellt einen zusätzlichen Vorteil der vorliegenden Erfindung dar, der insbesondere bei Stapeln mit einer größeren Anzahl an Einzelbrennstoffzellen zum Tragen kommt, aber auch bei Stapeln mit nur wenig Einzelbrennstoffzellen nützlich sein kann. Die Einzelbrennstoffzellen eines Stapels werden nämlich nicht unter völlig identischen Bedingungen betrieben, sondern unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich ihrer Betriebstemperatur. Zellen im Inneren eines Stapels befinden sich üblicherweise auf höherer Temperatur als die mehr am Rand des Stapels angeordneten Zellen. Der Unterschied zwischen heißester und kältester Zelle eines Stapels kann ohne weiteres 5 bis 15 Kelvin betragen. Dementsprechend neigen die Polymerelektrolytmembranen der Zellen im Inneren eines Stapels mehr zum Austrocknen und haben daher einen höheren Befeuchtungswasserbedarf, als dies bei Außenzellen der Fall ist. Durch die erfindungsgemäße Befeuchtungswassereinbringung werden diese Zellen im mittleren Bereich eines Stapels automatisch stärker befeuchtet. Um bei den noch weiter stromab gelegenen Einzelbrennstoffzellen, also den am entgegengesetzten Ende des Stapels angeordneten Zellen, eine Überversorgung mit Befeuchtungswasser zu vermeiden, können einfach weniger Wasseraustrittsöffnungen pro Einzelbrennstoffzelle vorgesehen werden. Wenn beispielsweise die Befeuchtungswasserzuführung vom Stapelanfang bis in

den mittleren Bereich des Stapels zwei Wasseraustrittsöffnungen pro Einzelbrennstoffzelle aufweist, ist es am Endbereich des Stapels häufig ausreichend, nur noch eine Wasseraustrittsöffnung pro Einzelbrennstoffzelle vorzusehen. Die Befeuchtungswasserzuführung kann auch in dem Endbereich weiter von den Eintrittsöffnungen in die Reaktionsmittelverteilungsräume entfernt angeordnet werden, so daß weniger Wasser direkt in sie eingespeist wird, aber mehr Wasser diffus im Reaktionsmittel verteilt wird und mit der aus dem Stapel austretenden Reaktionsmittelströmung ebenfalls den Stapel verläßt.

[0026] Ganz generell kann durch passende Wahl der Anordnung, Größe und Anzahl der Wasseraustrittsöffnungen in der Befeuchtungswasserzuführung der Befeuchtungswasserbedarf in jedem Bereich des Brennstoffzellenstapels optimal den Erfordernissen angepaßt werden. Beispielsweise können in bestimmten Bereichen des Stapels in der Befeuchtungswasserzuführung weitere Öffnungen zwischen den Einzelbrennstoffzellen vorgesehen werden, oder die Befeuchtungswasserzuführung kann bereits vor Eintritt in den Stapel Öffnungen enthalten, oder es können im stromab gelegenen Endbereich des Stapels Wasseraustrittsöffnungen ganz fehlen.

[0027] Eine weitere, besonders bevorzugte Möglichkeit, den entsprechend ihrer Anordnung im Brennstoffzellenstapel unterschiedlichen Befeuchtungswasserbedarf der Einzelbrennstoffzellen optimal zu befriedigen, besteht darin, das das Befeuchtungswasser transportierende Reaktionsmittel dem Brennstoffzellenstapel von beiden Seiten her zuzuführen. Die aus der Befeuchtungswasserzuführung austretenden Wassertropfen werden dann durch das strömende Reaktionsmittel von beiden Enden des Stapels her vermehrt dem mittleren, heißeren Bereich des Stapels zugeführt, während an beiden Endbereichen des Stapels nur etwas weniger Befeuchtungswasser zur Verfügung steht.

[0028] Auf diese Weise wird gewährleistet, daß jeder Einzelzelle im Brennstoffzellenstapel zielgenau die erforderliche Menge an Befeuchtungswasser zudosiert wird und der Reaktionsgasstrom für die gleichmäßige Wasserverteilung in den Einzelzellen sorgt. Es treten keine Bereiche mit Unterversorgung auf, wie es beispielsweise bei einer externen Zudosierung von Befeuchtungswasser in den Reaktionsmittelgasstrom der Fall ist, oder Bereiche mit Überversorgung, wie es bei der dampfförmigen Befeuchtungswasserzuführung der Fall ist, wenn in kälteren Endbereichen des Stapels eine unerwünschte Teilkondensation des Befeuchtungswasserdampfes erfolgt.

[0029] Die Befeuchtungswasserzuleitung kann mit kontinuierlicher Durchströmung oder im "dead-end-Betrieb" betrieben werden. Bei kontinuierlicher Durchströmung ist es sinnvoll, das ungenutzte Befeuchtungswasser zurückzuführen.

[0030] Die Zusammenführung der Leitungen für Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser erfolgt bevorzugt in den Endplatten des Stapels, kann aber ohne weiteres auch schon vorher erfolgen. Die kombinierte Reaktionsmittel/Befeuchtungswasser-Zuführungsleitung wird dann bevorzugt so durch den Stapel geführt, daß zur Verteilung des Befeuchtungswassers zusätzlich zur Kinetik des Reaktionsmittelvolumenstroms die Schwerkraft genutzt werden kann. Eine Durchführung im oberen Randbereich oder in einem oberen Eckbereich des Brennstoffzellenstapels, wobei sich eine diagonale Durchströmung der Einzelbrennstoffzellen mit Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser ergibt, ist daher bevorzugt. Bei Brennstoffzellen mit geeignetem Dichtrand, beispielsweise mit integriertem Dichtrand, wie sie in WO 98/33225 beschrieben sind, kann die kombinierte Reaktionsmittel/Befeuchtungswasser-Zuführung auch in den

Dichtrand integriert werden, so daß kein aktiver Reaktionsbereich verloren geht.

[0031] Die erfindungsgemäße Befeuchtungswasserzuführung ist grundsätzlich für jeden Brennstoffzellentyp geeignet. Eine besonders gute Verteilung des Befeuchtungswassers, und damit eine besonders homogene Befeuchtung, wird erzielt, wenn in dem Reaktionsmittelverteilungsraum eine Strömungskanalstruktur vorhanden ist. Diese Strömungskanalstruktur kann separat vorgesehen werden oder Teil der Elektrode oder der die Zelle begrenzenden bipolaren Platte oder sonstigen Begrenzung sein.

[0032] Die Regelung der Befeuchtungswasserzudosierung orientiert sich an den Betriebsparametern des Brennstoffzellensystems. Der Befeuchtungswasserbedarf wird ermittelt, beispielsweise durch Messung des inneren Widerstands der Polymerelektrolytmembranen, bevorzugt aber durch Überwachung der Temperatur und/oder Leistung des Brennstoffzellenstapels. Auch eine Überwachung des Spannungsniveaus ist möglich. Für die Messung von Temperatur, Leistung, Spannung oder auch des inneren Widerstands können ausgewählte Referenz-Einzelzellen oder der gesamte Stapel herangezogen werden. Dem ermittelten Bedarf entsprechend wird Befeuchtungswasser aus einem Vorratsbehälter über eine Pumpe, bevorzugt eine Membranpumpe, und ein Ventil, bevorzugt ein Magnetventil, dem Brennstoffzellenstapel zugeführt. Eine gekoppelte Arbeitsweise von Pumpe und Magnetventil ist vorteilhaft, um die bevorzugte pulsartige Zudosierung zu erzielen. Das aus dem Brennstoffzellenstapel über die Reaktionsmittelleitung austretende überschüssige Befeuchtungswasser kann zusammen mit dem entstehenden Reaktionswasser über einen Wasserabscheider dem Vorratsbehälter wieder zugeführt werden, wodurch sich der Wasserverbrauch minimieren läßt.

[0033] Durch den einfachen apparativen Aufbau ist es möglich, in Sekundenschnelle auf Änderungen der Stapeltemperatur, der Stapelleistung oder der Stapelspannung zu reagieren und die Befeuchtungswasserzudosierung exakt dem Anforderungsprofil anzupassen. Alternativ können für einen Brennstoffzellenstapel Kennlinien erstellt werden, die es dann ermöglichen, in exakter Kenntnis des Brennstoffzellenverhaltens die Wasserzudosierung vorausschauend dem Anforderungsprofil anzupassen. Durchläuft beispielsweise ein System einen bekannten Leistungszyklus, kann die Regelung der Befeuchtungswasserzufuhr zeitgerecht im Vorgriff auf jeden zu erwartenden Betriebszustand erfolgen. Auf diese Weise wird nicht die Befeuchtungswassermenge jedem erreichten Betriebszustand mit geringfügiger Verzögerung angepaßt, sondern bei Erreichen eines bestimmten Betriebszustands steht stets bereits die exakt passende Befeuchtungswassermenge zur Verfügung.

[0034] Im Betrieb sind nur der Befeuchtungswasser-Vorratsbehälter und die Zuführungsleitung mit Befeuchtungswasser gefüllt, wodurch das erfindungsgemäße Befeuchtungssystem mit geringem Aufwand, z. B. für Heizung und Isolierung, frostsicher ausgeführt werden kann. Die Befeuchtungswasserzuführung innerhalb des Brennstoffzellenstapels ist eigensicher gegen Einfrieren, da das Wasser durch die vorhandenen Wasseraustrittsöffnungen hinreichende Ausdehnungsmöglichkeiten besitzt.

[0035] Die Befeuchtungswasserzuführung besteht bevorzugt aus elektrisch nicht leitendem Material, z. B. aus PTFE. So können dem Befeuchtungswasser etwa erforderliche Additive zugesetzt werden, beispielsweise in Wasser gelöste Sulfonsäuregruppen, um die Langzeitbeständigkeit der Polymerelektrolytmembranen zu erhöhen.

[0036] Im folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen näher beschrieben. Dabei wird die Befeuchtungswasserzuführung jeweils in Kombination

mit der Brenngaszuführung dargestellt. Die Kombination mit der Oxidationsmittelzuführung oder eine Befeuchtungswassereinbringung in beide Reaktionsmittelströme ist jedoch gleichermaßen möglich.

[0037] In den Zeichnungen zeigen:

[0038] Fig. 1 eine Ausführungsform einer Einzelbrennstoffzelle eines Stapels mit erfindungsgemäßer Befeuchtungswasserzuführung,

[0039] Fig. 2 einen Teilbereich eines Brennstoffzellenstapels mit erfindungsgemäßer Befeuchtungswasserzuführung,

[0040] Fig. 3 einen Schnitt durch die Anordnung der Fig. 2 in der Ebene eines Reaktionsmittelverteilungsraums einer Einzelbrennstoffzelle,

[0041] Fig. 4a, 4b jeweils verschiedene Ausführungsformen erfindungsgemäßer Anordnungen von Befeuchtungswasserzuführung und Reaktionsmittelzuführung,

[0042] Fig. 5a–5e verschiedene Ausführungsformen erfindungsgemäßer Anordnungen der ersten Öffnungen in der Befeuchtungswasserzuführung,

[0043] Fig. 6 eine schematische Darstellung des prinzipiellen Aufbaus des erfindungsgemäßen Befeuchtungswasserzuführungssystems.

[0044] Fig. 1 zeigt eine Einzelbrennstoffzelle 2 mit erfindungsgemäßer Befeuchtungswasserzuführung. Die Leitung 12 zur Befeuchtungswasserzuführung ist innerhalb und am oberen Rand der Leitung 10 zur Brenngaszuführung angeordnet. Dadurch steht der größte Teil des Brenngasstroms G zur Verteilung und Zerteilung des Befeuchtungswassers zur Verfügung. Die Leitung 10 zur Brenngaszuführung (mit in ihr befindlicher Leitung 12 zur Befeuchtungswasserzuführung) wiederum ist am oberen Rand der Einzelbrennstoffzelle 2 angeordnet, so daß zusätzlich zur Kinetik der Gasströmung auch noch die Schwerkraft zur Verteilung des Befeuchtungswassers genutzt werden kann. Die gezeigte Einzelbrennstoffzelle besteht aus Anode 3 (mit Katalysator), Kathode 5 (mit Katalysator) und dazwischen angeordneter Polymerelektrolytmembran 7. An den von der Polymerelektrolytmembran weg weisenden Oberflächen von Anode 3 und Kathode 5 befinden sich ein anodenseitiger Reaktionsmittelverteilungsraum 4 und ein kathodenseitiger Reaktionsmittelverteilungsraum 6 zur Verteilung von Brenngas im Anodenbereich und Oxidationsmittel im Kathodenbereich. Der Reaktionsmittelverteilungsraum 4 besitzt eine Weite 19, und die Leitung 10 zur Brenngaszuführung hat in diesem Bereich eine Öffnung 17, so daß Brenngas ungehindert in den Brenngasverteilungsraum eintreten kann. Die Leitung 12 zur Befeuchtungswasserzuführung weist im Bereich der Öffnung 17 der Brenngaszuführung eine Öffnung 15 auf, durch die Befeuchtungswasser in Tropfenform in die Brenngasleitung 10 eintritt, vom Brenngas erfaßt, zerteilt und auf dem Weg in den Brenngasverteilungsraum 4 mitgenommen wird, wo es zusammen mit dem Brenngas gleichmäßig verteilt wird und über die Anode 3 zur Polymerelektrolytmembran 7 gelangt.

[0045] Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem Brennstoffzellenstapel 1 mit mehreren Polymerelektrolyt-Einzelbrennstoffzellen 2, Stapelendplatte 13 und erfindungsgemäßer Befeuchtungswasserzuführung. Der Aufbau der Einzelbrennstoffzellen 2 und der Befeuchtungswasserzuführung ist prinzipiell wie in Fig. 1 beschrieben, wobei in Fig. 2 die Einzelbrennstoffzellen nur schematisch angedeutet sind. Für jede Einzelbrennstoffzelle 2 ist jedoch der Brenngasverteilungsraum 4 dargestellt, und es ist ersichtlich, daß die Leitung 12 zur Befeuchtungswasserzuführung im Bereich des Brenngasverteilungsraums 4 jeder Einzelbrennstoffzelle 2 jeweils eine Öffnung 15 zum Austritt von Befeuchtungswasser aufweist. Die Brenngaszuführung 10 ist keine durchgehende Leitung, sondern besteht aus Teilstücken, die je-

weils durch die Bereiche der Einzelzellen hindurchgehen, in die kein Brenngas gelangen darf, den Bereich der Brenngasverteilungsräume 4 jedoch freilassen, d. h. dort Unterbrechungen 18 besitzen. Wenn zwischen den Einzelzellen

5 Dichtungen vorgesehen sind, können sie so geformt sein, daß sie Teil der Leitung 10 sind. Die Zusammenführung von Brenngasleitung 10 und Befeuchtungswasserleitung 12 erfolgte bereits vor dem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel. [0046] Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch die Anordnung der Fig. 2 in der Ebene A-A', d. h., einen Schnitt durch einen Brenngasverteilungsraum 4. Die hier gezeigte Ausführungsform enthält zur besseren Verteilung von Befeuchtungswasser und Brenngas in dem Brenngasverteilungsraum 4 eine Strömungskanalstruktur 8. Die Leitung 10 zur Brenngaszuführung besitzt eine ovale Form, und in ihrem Inneren verlaufend ist eine runde Leitung 12 zur Befeuchtungswasserzuführung angeordnet. Die Leitung 12 verfügt im unteren Bereich über Öffnungen 15, durch die Befeuchtungswasser in die Strömungskanalstruktur 8 eintritt.

10 [0047] Fig. 4a zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer kombinierten Befeuchtungswasser/Reaktionsmittel-Zuführung. Die runde Leitung 12 zur Befeuchtungswasserzuführung ist innerhalb und im oberen Bereich der ovalen Leitung 10 zur Reaktionsmittelzuführung angeordnet. Die Leitungen 10 und 12 weisen jeweils an ihren Unterseiten im gleichen Abstand, und im wesentlichen deckungsgleich angeordnet, erste Öffnungen 15 und zweite Öffnungen 17 zum Austritt von Wasser bzw. Wasser/Reaktionsmittel auf. Die Abstände zwischen den Öffnungen 15 und die Abstände zwischen den Öffnungen 17 entsprechen den Abständen zwischen den Reaktionsmittelverteilungsräumen 4.

15 [0048] Fig. 4b zeigt eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Befeuchtungswasser/Reaktionsmittel-Zuführung. Die Leitung 12 zur Befeuchtungswasserzuführung ist in dieser Ausführungsform nicht innerhalb sondern direkt oberhalb der Leitung 10 zur Reaktionsmittelzuführung angeordnet. Bei dieser "Huckepack-" Ausführung sind die beiden Leitungen 10 und 12 über die Öffnungen 15, die hier Durchlässe sind, verbunden.

20 [0049] In den Fig. 4a und 4b sind die Leitungen 10 und 12 jeweils rund bzw. oval dargestellt, sie können jedoch grundsätzlich jede beliebige Form haben.

[0050] Fig. 5a zeigt einen stromabsseitigen Endbereich einer erfindungsgemäßen kombinierten Befeuchtungswasser/Reaktionsmittel-Zuführung eines Brennstoffzellenstapels. Die Öffnungen 17 in der Reaktionsmittel-Zuführung sind hier und in den anderen gezeigten Ausführungsformen relativ klein dargestellt. Breitere Öffnungen 17 erlauben eine zuverlässigere Einbringung des Befeuchtungswassers in die Reaktionsmittel-Verteilungsräume, da das System mit zunehmender Breite der Öffnungen 17 unempfindlicher gegen ein Abdriften der aus den Öffnungen 15 austretenden Wassertropfen aufgrund der Gasströmung G ist. Auch eine unpräzise Abstimmung von Öffnungen 15 und Öffnungen 17 fällt dann weniger ins Gewicht. Generell können sich die Öffnungen 17 in Strömungsrichtung maximal über die Weite 19 der Reaktionsmittel-Verteilungsräume 4 erstrecken.

[0051] Senkrecht zur Strömungsrichtung können sich die Öffnungen 17 maximal über den gesamten Umfang der Reaktionsmittel-Zuführung 10 erstrecken. In diesem Grenzfall gehen die Öffnungen 17 in die Unterbrechungen 18 über, d. h. die Reaktionsmittel-Zuführung besteht aus einzelnen Teilstücken.

25 [0052] Bei der in Fig. 5a gezeigten Ausführungsform befinden sich in dem der stromabsseitig gelegenen Stapelendplatte 14 unmittelbar benachbarten Bereich der Befeuchtungswasser-Zuführung 12 keine Öffnungen 15 mehr. In

dem Endbereich des Stapels hat das Reaktionsmittel auf seinem Weg durch den Stapel hindurch ausreichend Befeuchtungswasser aufgenommen, um die letzten beiden Zellen des Stapels mit Befeuchtungswasser zu versorgen. Alternativ kann auch der Abstand zwischen Öffnungen 15 und zugeordneten Öffnungen 17 erhöht werden.

[0053] Fig. 5b zeigt einen stromaufwärts gelegenen Endbereich einer erfindungsgemäßen kombinierten Befeuchtungswasser/Reaktionsmittel-Zuführung eines Brennstoffzellenstapels. Reaktionsmittel-Zuführung 10 und Befeuchtungswasser-Zuführung 12 wurden bereits vor Eintritt in den Brennstoffzellenstapel an der stromaufseitigen Stapelendplatte 13 zusammengeführt. Die Befeuchtungswasserzuführung 12 weist bereits kurz vor ihrem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel Wasseraustrittsöffnungen 15 auf. Dadurch nimmt das Reaktionsmittel bereits unmittelbar vor seinem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel Befeuchtungswasser auf. Diese Ausführungsform ist insbesondere bei sehr schnellen Reaktionsmittelströmungen G sinnvoll, wenn die Gefahr besteht, daß die Zellen 2 im Anfangsbereich des Stapels nicht ausreichend mit Befeuchtungswasser versorgt werden, da die schnelle Reaktionsmittelströmung einen erheblichen Teil jedes aus einer Öffnung 15 austretenden Wassertropfens vor seinem Eintritt in den zugehörigen Reaktionsmittelverteilungsraum mit sich fortreißt. Alternativ kann die Befeuchtungswasserzuführung in dem Anfangsbereich auch näher an den Öffnungen 17 angebracht werden als in weiter stromab gelegenen Bereichen des Stapels, damit ein größerer Teil der aus den Öffnungen 15 austretenden Wassertropfen unmittelbar in die zugeordneten Öffnungen 17 eintritt.

[0054] Fig. 5c zeigt einen mittigen Bereich einer erfindungsgemäßen kombinierten Befeuchtungswasser/Reaktionsmittel-Zuführung. Wie hier beispielhaft für die mittlere Einzelbrennstoffzelle gezeigt ist, kann die Befeuchtungswasser-Zuführung 12 im Bereich der Einzelbrennstoffzellen 2 mit erhöhtem Feuchtigkeitsbedarf jeweils über mehrere Öffnungen 15 pro Öffnung 17 der Reaktionsmittel-Zuführung 10 verfügen. Je mehr Befeuchtungswasser-Austrittsöffnungen 15 sich in dem in den Reaktionsmittel-Verteilungsraum 4 einer Einzelbrennstoffzelle 2 führenden Bereich einer Öffnung 17 oder Unterbrechung 18 befinden, desto mehr Befeuchtungswasser wird der entsprechenden Einzelbrennstoffzelle 2 zugeführt. Alternativ kann auch hier die Befeuchtungswasserzuführung näher an den Öffnungen 17 angebracht werden als in anderen Bereichen des Stapels.

[0055] Fig. 5d zeigt ebenfalls einen in der Stapelmitte gelegenen Bereich einer erfindungsgemäßen kombinierten Befeuchtungswasser/Reaktionsmittel-Zuführung. Auch hier sind in der Befeuchtungswasser-Zuführung 12 im Bereich der Brennstoffzellen mit erhöhtem Befeuchtungswasserbedarf zusätzliche Wasseraustrittsöffnungen vorgesehen. Im Gegensatz zu Fig. 5c sind jedoch hier die zusätzlichen Wasseraustrittsöffnungen nicht exakt einer bestimmten Einzelbrennstoffzelle zugeordnet. Vielmehr sind im mittleren Bereich der Befeuchtungswasser-Zuführung 12 zwischen den Wasseraustrittsöffnungen 15 verteilte zusätzliche Wasseraustrittsöffnungen 16 vorgesehen. Das aus den Öffnungen 16 austretende Wasser wird von der Reaktionsmittelströmung G aufgenommen und diffus auf die nachfolgenden Einzelbrennstoffzellen verteilt.

[0056] Fig. 5e zeigt eine erfindungsgemäße kombinierte Befeuchtungswasser/Reaktionsmittel-Zuführung, wie sie prinzipiell in Fig. 4a gezeigt ist. In Fig. 5e werden die Auswirkungen einer beidseitigen Reaktionsmittelzuführung gezeigt. Die aus den Öffnungen 15 der Befeuchtungswasserleitung 12 austretenden Wassertropfen werden von dem strömenden Gas G zerteilt und zum Teil in die der jeweili-

gen Austrittsöffnung 15 zugeordnete Brennstoffzelle eingespeist, zu einem Teil jedoch auch vom Gasstrom fortgerissen, so daß sich der Gasstrom beim Passieren jeder Öffnung 15 etwas mehr mit Wassertropfen anreichert. Dies geschieht von beiden Enden des Stapels her. Auf diese Weise steht im mittleren, heißeren Bereich des Stapels automatisch eine erhöhte Menge an Befeuchtungswasser zur Verfügung. [0057] Fig. 6 zeigt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-System mit bevorzugter Peripherie. In den Brennstoffzellenstapel 1 führt eine kombinierte Befeuchtungswasser 12/Reaktionsmittel 10-Zuführung. Das Befeuchtungswasser wird aus einem Vorratsbehälter 25 über eine Membranpumpe 26 und ein Magnetventil 27 in den Brennstoffzellenstapel 1 eingespeist. Pumpe 26 und Magnetventil 27 arbeiten gekoppelt, um die bevorzugte pulsartige Zudosierung zu erzielen. Das aus dem Stapel 1 über die Reaktionsgasableitung austretende überschüssige Befeuchtungswasser wird zusammen mit dem entstehenden Reaktionswasser über eine Rückführung 28 mit Wasserabscheider 29 dem Vorratsbehälter 25 wieder zugeführt. Auch hier gilt natürlich, daß die Befeuchtungswasser-Zuführung nicht nur, wie dargestellt, an der Brenngasseite erfolgen kann, sondern auch an der Oxidationsmittelseite, oder beidseitig.

[0058] Die erfindungsgemäße Art und Weise der Brennstoffzellen-Befeuchtung weist gegenüber konventionellen Systemen eine Reihe von Vorteilen auf:

Die Konstruktion ist denkbar unkompliziert und erfordert nur geringen apparativen Aufwand. Im Brennstoffzellenstapel selbst sind lediglich einfache Leitungen mit Öffnungen erforderlich, und darüberhinaus bedarf es lediglich eines Vorratsbehälters für Befeuchtungswasser, einer Dosiereinrichtung in Form von Pumpe und Dosierventil und ggf. einer Vorrichtung zur Messung der Zellentemperatur, -spannung oder -leistung. Ein derart kompaktes System kann auch leicht isoliert und frostsicher ausgebildet werden.

[0059] Das System besitzt einen geringen Befeuchtungswasserverbrauch, und das Befeuchtungswasser bedarf keiner Vorkonditionierung. Das vereinfacht einerseits den Aufbau des Systems, und andererseits hält es den Energiebedarf gering. Das System ist grundsätzlich bei jeder Temperatur betreibbar, bei der sich das Befeuchtungswasser im flüssigen Zustand befindet. In der Regel kann daher das Befeuchtungswasser einfach bei der jeweiligen Umgebungstemperatur eingespeist werden. Bei unpassenden Temperaturen ist das System aufgrund seiner Kompaktheit leicht zu isolieren, zu heizen oder zu kühlen.

[0060] Bei der erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Befeuchtung wird jeder Einzelzelle erst im Stapel zielgenau die jeweils erforderliche Menge an Befeuchtungswasser zudosiert. Auch bei großen Temperaturunterschieden im Stapel treten keine Bereiche mit Befeuchtungswasser-Unterversorgung oder -Übersorgung auf.

[0061] Die Regelung der Befeuchtungswasserzudosierung entsprechend den Betriebsparametern des Brennstoffzellenstapels ist einfach, präzise und äußerst dynamisch. Sie läßt sich in Sekundenschnelle geänderten Betriebsbedingungen anpassen. Auch ein vorausschauender Betrieb ist möglich.

[0062] Durch die Befeuchtungswasserzuführung können dem System außerdem etwa benötigte Hilfsstoffe zugeführt werden.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzellenstapel (1) mit einer Mehrzahl von Polymerelektrolytmembran-Einzelbrennstoffzellen (2) und mit Zuführungen für Reaktionsmittel (10, 11) und Befeuchtungswasser (12), wobei jede Einzelbrenn-



stoffzelle (2) eine Anode (3), eine Kathode (5), eine dazwischen angeordnete Polymerelektrolytmembran (7) und einen anodenseitigen (4) und/oder kathodenseitigen (6) Reaktionsmittelverteilungsraum aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß  
 mindestens eine Befeuchtungswasserzuführung (12) durch den Brennstoffzellenstapel hindurchführend angeordnet ist und eine Mehrzahl erster Öffnungen (15) aufweist,  
 mindestens eine Reaktionsmittelzuführung (10, 11) durch den Brennstoffzellenstapel (1) hindurchführend angeordnet ist und eine Mehrzahl zweiter Öffnungen (17) oder Unterbrechungen (18) aufweist, wobei die mindestens eine Befeuchtungswasserzuführung (12) über die Mehrzahl erster Öffnungen (15) mit der mindestens einen Reaktionsmittelzuführung (10, 11) in Verbindung steht, und wobei die mindestens eine Reaktionsmittelzuführung (10, 11) über die Mehrzahl zweiter Öffnungen (17) oder Unterbrechungen (18) mit den anodenseitigen (4) oder kathodenseitigen (6) Reaktionsmittelverteilungsräumen der Einzelbrennstoffzellen (2) in Verbindung steht.  
 2. Brennstoffzellenstapel (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungswasserzuführung (12) im Inneren der Reaktionsmittelzuführung (10, 11) angeordnet ist.  
 3. Brennstoffzellenstapel (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungswasserzuführung (12) und die Reaktionsmittelzuführung (10, 11) einander unmittelbar benachbart angeordnet sind.  
 4. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der Befeuchtungswasserzuführung (12) in Verbindung stehende Reaktionsmittelzuführung (10, 11) die Brenngaszuführung (10) ist.  
 5. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der Befeuchtungswasserzuführung (12) in Verbindung stehende Reaktionsmittelzuführung (10, 11) die Oxidationsmittelzuführung (11) ist.  
 6. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß er mindestens zwei Befeuchtungswasserzuführungen (12), die jeweils mit einer Reaktionsmittelzuführung (10, 11) in Verbindung stehen, aufweist, wobei eine Reaktionsmittelzuführung die Brenngaszuführung (10) und eine Reaktionsmittelzuführung die Oxidationsmittelzuführung (11) ist.  
 7. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Öffnungen (15) in der Befeuchtungswasserzuführung (12) und die zweiten Öffnungen (17) oder Unterbrechungen (18) in der Reaktionsmittelzuführung im wesentlichen auf Deckung angeordnet sind.  
 8. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Öffnungen (15) in der Befeuchtungswasserzuführung (12) eine runde Form mit einem Durchmesser von 0,1 bis 1,0 mm haben.  
 9. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungswasserzuführung (12) in dem im mittleren Bereich des Stapels gelegenen Teil (23) zusätzliche Wasseraustrittsöffnungen (16) aufweist.  
 10. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einem der Reaktionsmittelverteilungsräume (4, 6) Strömungskanalstrukturen (8, 9) zur besseren Verteilung

von Reaktionsmittel und Befeuchtungswasser vorgesehen sind.

11. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungswasserzuführung (12) aus elektrisch nicht leitendem Material besteht.

12. Brennstoffzellen-Befeuchtungssystem, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, einen Befeuchtungswasservorratsbehälter (25), eine Befeuchtungswasserpumpe (26), und gewünschtenfalls eine Einrichtung (27) zur pulsweisen Zuführung von Befeuchtungswasser und eine Einrichtung zur Befeuchtungswasserrückführung (28).

13. Verfahren zur Befeuchtung mindestens eines Reaktionsmittels bei einem Brennstoffzellenstapel (1) mit einer Mehrzahl von Polymerelektrolytmembran-Einzelbrennstoffzellen (2) und mit Zuführungen für Reaktionsmittel (10, 11) und Befeuchtungswasser (12), wobei jede Einzelbrennstoffzelle (2) eine Anode (3), eine Kathode (5), eine dazwischen angeordnete Polymerelektrolytmembran (7) und einen anodenseitigen (4) und/oder kathodenseitigen (6) Reaktionsmittelverteilungsraum aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Befeuchtungswasserzuführung (12) mit einer Mehrzahl erster Öffnungen (15) vorgesehen wird, über die die Befeuchtungswasserzuführung (12) mit einer Reaktionsmittelzuführung (10, 11) in Verbindung steht,

in der mit der Befeuchtungswasserzuführung (12) in Verbindung stehenden Reaktionsmittelzuführung (10, 11) eine Mehrzahl zweiter Öffnungen (17) oder Unterbrechungen (18) vorgesehen wird, über die die Reaktionsmittelzuführung mit den anodenseitigen (4) oder kathodenseitigen (6) Reaktionsmittelverteilungsräumen der Einzelbrennstoffzellen (2) in Verbindung steht, und

Befeuchtungswasser in flüssiger Form

in die Befeuchtungswasserzuführung (12) eingespeist wird,

über die ersten Öffnungen (15) in die Reaktionsmittelzuführung (10, 11) eintritt,

von dem in der Reaktionsmittelzuführung (10, 11) strömenden Reaktionsmittel aufgenommen wird, und zusammen mit dem Reaktionsmittel in die anodenseitigen (4) oder kathodenseitigen (6) Reaktionsmittelverteilungsräume der Einzelbrennstoffzellen (2) eingespeist wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Befeuchtungswasser pulsweise eingespeist wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Befeuchtungswasser mit einer Pulsrate von 1 Puls pro 1 bis 120 s und einer Pulsdauer von 0,5 bis 10 s eingespeist wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Befeuchtungswasser mit einer Pulsrate von 1 Puls pro 10 bis 40 s und einer Pulsdauer von 0,8 bis 2,0 s eingespeist wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Befeuchtungswasser in das Brenngas eingespeist wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Befeuchtungswasser in das Oxidationsmittel eingespeist wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl in das Brenngas als auch in das Oxidationsmittel Befeuchtungswasser eingespeist wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Befeuchtungswasser aufnehmende Reaktionsmittel von beiden Enden des Stapels (1) her in die Reaktionsmittel-Zuführung (10, 11) eingespeist wird. 5
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Befeuchtungswasser unter Ausnutzung des Reaktionsmittel-Volumenstroms und der Schwerkraft in die Reaktionsmittel-Verteilungsräume (4, 6) eingebracht und in ihnen verteilt wird. 10
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungswasserzuführung (12) im Dead-End-Betrieb erfolgt.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungswasserzuführung mit kontinuierlicher Durchströmung, bevorzugt unter Befeuchtungswasserrückführung, betrieben wird. 15
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoffzellenstapel (1) bei einem Druck von Atmosphärendruck bis 400 kPa Überdruck betrieben wird. 20
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Befeuchtungswasserzuführung (12) 10 bis 50 kPa über dem Druck in der Reaktionsmittel-Zuführung (10, 11) liegt, bei Druckspitzen bei pulsweiser Einspeisung auch darüber. 25
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungswasserzufuhr zu erwartenden Betriebszuständen zuvorkommend geregelt wird. 30
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß das aus einer ersten Öffnung (15) der Befeuchtungswasserzuführung (12) austretende Befeuchtungswasser durch eine der ersten Öffnung (15) zugeordnete Öffnung (17) oder Unterbrechung (18) der Reaktionsmittelzuführung (10, 11) in den anodenseitigen (4) oder kathodenseitigen (6) Reaktionsmittelverteilungsraum, mit dem diese in Verbindung steht, eingespeist wird und/oder diffus in der Reaktionsmittelzuführung (10, 11) verteilt und einem oder mehreren stromab gelegenen Reaktionsmittelverteilungsräumen (4, 6) zugeführt wird. 40 45

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

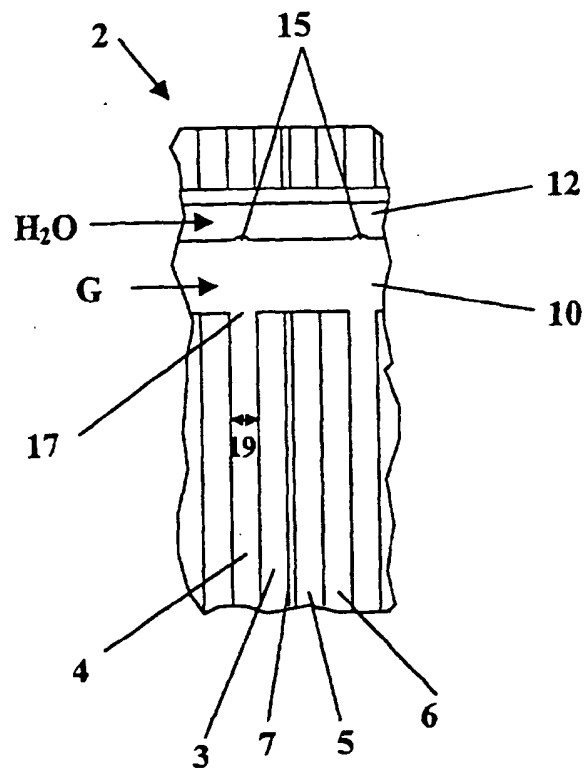
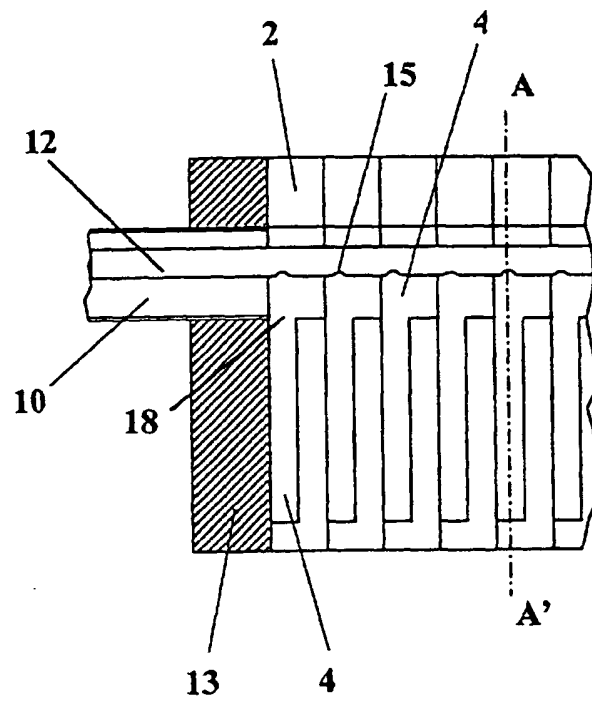
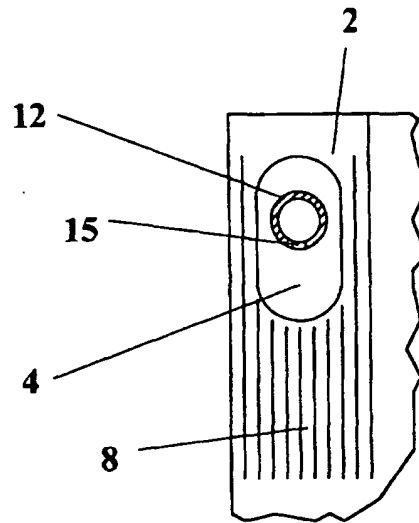


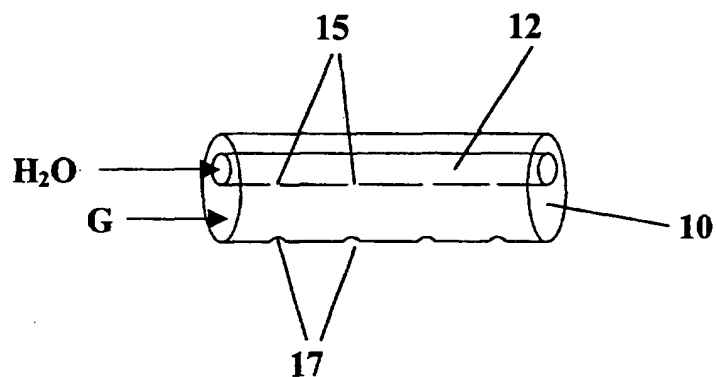
Fig. 2



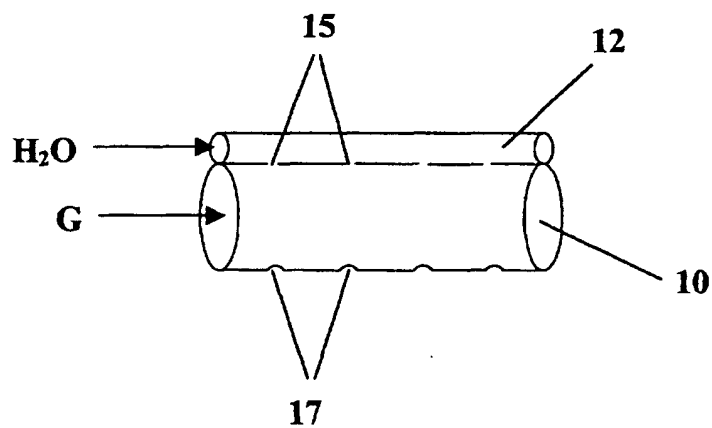
**Fig. 3**



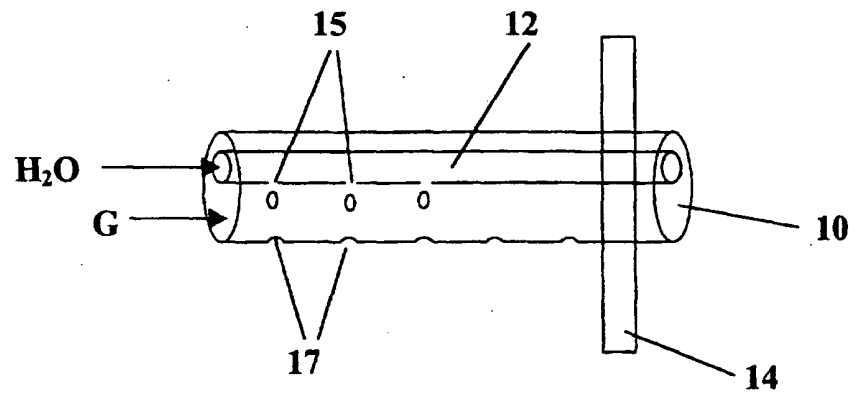
**Fig. 4a**



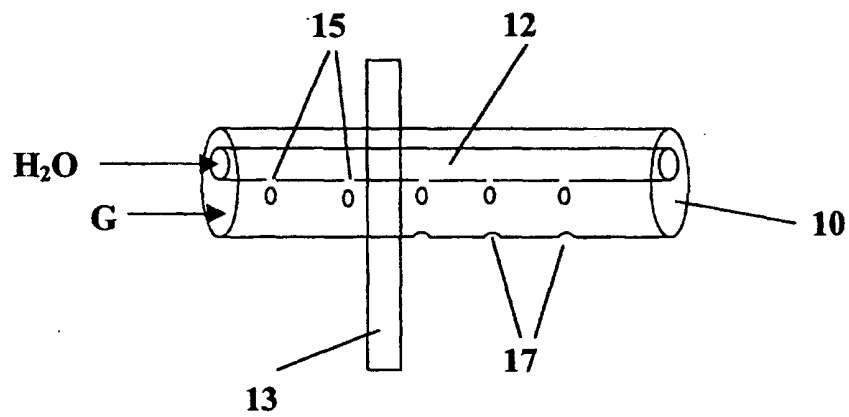
**Fig. 4b**



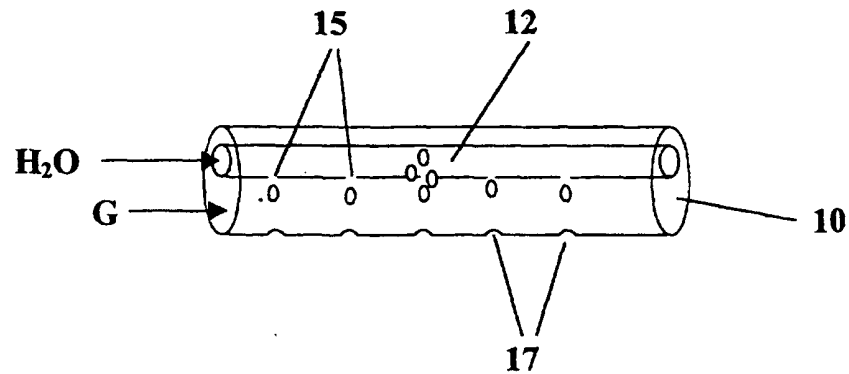
**Fig. 5a**



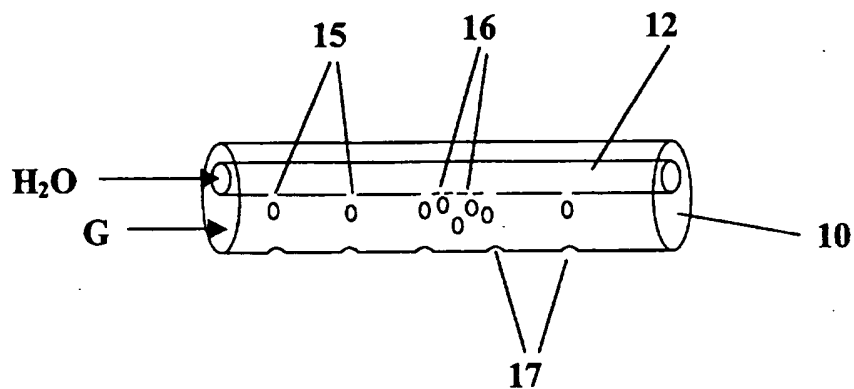
**Fig. 5b**



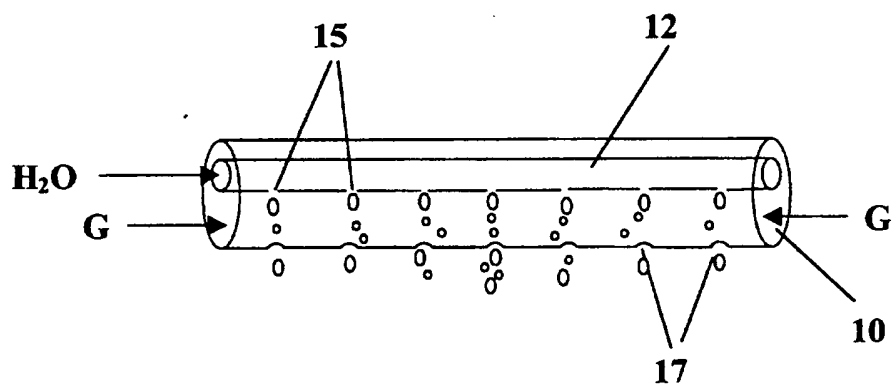
**Fig. 5c**



**Fig. 5d**

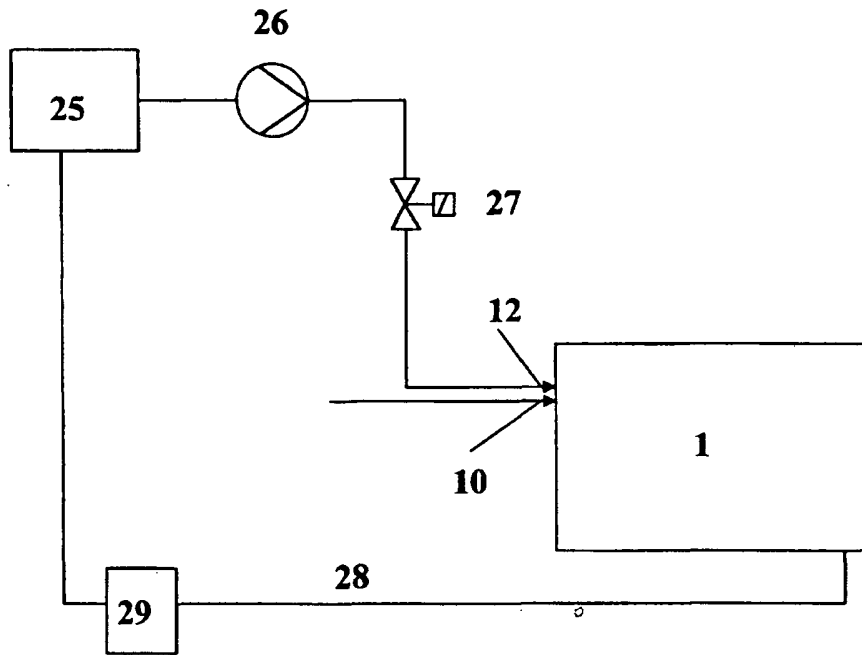


**Fig. 5e**





**Fig. 6**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**